



**Universidad**  
Zaragoza

## Trabajo Fin de Grado

### **Análisis de la utilidad de Carta Digital en la Artillería de Campaña**

Autor

CAC. Sergio García del Pozo González

Director/es

Dr. Alberto García Martín  
Tte. Rubén López Martín

Centro Universitario de la Defensa-Academia General Militar  
Año 2016-2017

## **Agradecimientos**

En la realización de este trabajo he contado con diversa ayuda toda ella de gran importancia. Quisiera en primer lugar agradecer su inestimable ayuda a mis dos tutores, el Tte. Rubén López Martín y el Dr. Alberto García Martín, cuyas orientaciones y correcciones han sido imprescindibles para la realización del trabajo. Agradecer también la hospitalidad y la predisposición a contribuir a este trabajo por parte de todo el personal del GACA XII, en especial la Batería de Plana Mayor donde realicé las prácticas. Destacar la ayuda del Brigada Mellado y el Sargento Abreu con el sistema TALOS, desbloqueando una parte importante del trabajo.



## **Resumen**

Este trabajo nace de la necesidad de una unidad de Artillería de Campaña de gestionar con rapidez y precisión la mayor cantidad de información geográfica posible respondiendo ésta a criterios de sencillez de interpretación y utilización, precisión espacial y temática y variedad de la información representada. La solución a este problema pasa en la actualidad por la utilización de Sistemas de Información Geográfica (SIG), herramientas capaces de gestionar esta información y transformarla para crear productos de interés para el planeamiento y conducción de operaciones.

En este contexto, el objetivo de este Trabajo Fin de Grado es analizar las capacidades del software SIG diseñado por el Ejército de Tierra, Carta Digital, como herramienta de apoyo en la toma de decisiones para el planeamiento de las operaciones y despliegue de las unidades Artillería de Campaña hasta nivel Grupo. Para la consecución de este objetivo, se plantea alcanzar una serie de objetivos parciales: determinar las necesidades de índole geográfica que tienen las unidades Artillería de Campaña hasta el nivel establecido y conocer los procedimientos tradicionales empleados para ello, analizar las capacidades de Carta Digital, estudiar la integración de este software con el Sistema de Mando y Control de la Artillería de Campaña y, finalmente, proponer medidas para facilitar el uso de este software.

Como conclusión general del trabajo se extrae la utilidad que Carta Digital tiene para el planeamiento y conducción de la Artillería de Campaña, mostrando la integración de los productos generados con este software en el Sistema de Mando y Control específico de la Artillería de Campaña: el sistema TALOS. Por último, se constata la necesidad de formación del personal del Ejército de Tierra en el manejo de Carta Digital, proponiéndose las directrices de un curso que permitiría superar esta barrera.



## **Abstract**

This work was born of the need of a unit of field artillery of manage with speed and precision the greater amount of geographical information as possible responding to criteria of simplicity of interpretation and use, precision spatial and thematic and variety of the information represented. The solution to this problem passes currently by the use of geographical information systems (GIS), tools with the capability of manage this information and transform it to create products of interest for the planning and driving of operations.

In this context, the objective of this final degree project is analyze the capabilities of the GIS software designed in the military, Carta Digital, as tool of support in taking decisions for the planning of the operations and deployment of the field artillery units until group level. For the attainment of this objective, is proposed to reach partial objectives: determine the needs of geographical nature which have artillery units until the established level and traditional procedures used for this purpose, analyze Carta Digital capabilities, study the integration of the software with the Command and Control of the artillery system, TALOS, and finally, to propose measures to facilitate the use of this software.

As a general conclusion of the work is extracted the utility Carta Digital has for the planning and conduct of the artillery, showing the integration of the products generated with this software in the system of Command and Control specific on field artillery: the TALOS system. Finally, there is the need for training of staff of the Spanish army in the management of Carta Digital, proposing the guidelines of a course that would make it possible to overcome this obstacle.



# Índice

Índice de figuras	ix
Listado de Acrónimos	xi
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Contexto del trabajo	1
1.2 Objetivo	2
1.3 Ámbito de aplicación	2
1.4. Metodología y herramientas	3
2. RESULTADOS	3
2.1 Necesidades geográficas de las unidades Artillería de Campaña hasta nivel de Grupo para la toma de decisiones en el planeamiento y la conducción y procedimientos tradicionales empleados para su obtención	3
2.2 Análisis de las capacidades de Carta Digital para la toma de decisiones en el planeamiento y la conducción de las operaciones de las unidades seleccionadas.	11
2.2.1 Tipos de capas de información geográfica en Carta Digital	11
2.2.2.Herramientas de análisis en Carta Digital útiles para el planeamiento y conducción en la Artillería de Campaña.	14
2.2.3 Creación de cartografía ad hoc.	20
2.3. Integración de Carta Digital con el Sistema de Mando y Control (C2) de la Artillería de campaña: el sistema TALOS.	20
2.3.1. Ejemplo de integración efectiva entre Carta Digital y TALOS: la Operación TAURO.	22
2.3.2. Riesgos para la implementación efectiva de Carta Digital y TALOS	25
2.4. Medidas para facilitar el uso de Carta Digital en los Grupos de Artillería de campaña.	26
3. CONCLUSIONES.	28
Bibliografía	30
ANEXO A: Diapasón de pendientes.	31
ANEXO B: SOC.	32
ANEXO C : Entrevistas	34
ANEXO D: Archivo Cartog.ini	35
ANEXO E: Estructura de un conjunto cartográfico.	36



## Índice de figuras

Figura 1. Importancia de las características de la información geográfica necesaria para la realización de un planteamiento.....	6
Figura 2. Importancia de las características de la información geográfica necesaria para la realización de un reconocimiento de un terreno.....	7
Figura 3. Importancia de las características de la información geográfica necesaria para los medios productores de fuego.....	8
Figura 4. Importancia de las características de la información geográfica necesaria para los medios de reconocimiento y adquisición de objetivos.....	9
Figura 5. Importancia de las características de la información geográfica necesaria para el mando y control.....	10
Figura 6. Cada elemento conformador de la información geográfica se recoge en una capa independiente.....	12
Figura 7. Ejemplo de operación lógica.....	16
Figura 8. Clasificación de una capa de pendientes.....	17
Figura 9. Ejemplo de la operación pendientes.....	17
Figura 10. Ejemplo de la operación visibilidad.....	18
Figura 11. Ejemplo de la operación perfil.....	19
Figura 12. Archivos recortados para la operación TAURO.....	23
Figura 13. Despliegue de la operación TAURO.....	23
Figura 14. Zonas inaccesibles por un vehículo pick up. Fuente: elaboración propia.....	24
Figura 15. Dirección de ataque enemigo.....	24
Figura 16. Acción de fuego en TALOS.....	25
Figura 17. Diapasón de pendientes.....	31
Figura 18. Clasificación SOC.....	32
Figura 19. Solape de áreas.....	32
Figura 20. Estructura Cartog.ini.....	35
Figura 21. Estructura conjunto cartográfico.....	36



## Listado de Acrónimos

Artillería de campaña	ACA
Autopropulsado	ATP
Destacamento de Reconocimiento	DRECO
Ejército de Tierra	E.T
FeatureIdentifier	FID
Fire Director Centre	FDC
Sistema de Información Geográfica	SIG
Grupo de Artillería de Campaña	GACA
Instituto Geográfico Nacional	IGN
Integración Terreno Enemigo	INTE
Modelo Digital del Terreno	MDT
Mando y control	C2
Movimiento Con Restricciones	MCR
Movimiento Muy Restringido	MMR
Movimiento Sin Restricciones	MSR
Observatorio	Obsio
Sistema Gestor de Bases de Datos Relacional	SGBDR
Superponible de Avenidas y Corredores	SAC
Superponible de Obstáculos Combinados	SOC
Triangulated Irregular Network	TIN
Zona de Asentamientos	ZACAS

# 1. INTRODUCCIÓN

La presente memoria recoge los aspectos más significativos desarrollados en la realización del Trabajo Final de Grado que permite la finalización del Grado de Ingeniería de Organización Industrial, en el perfil de defensa, impartido por el Centro Universitario de la Defensa (CUD), centro adscrito a la Universidad de Zaragoza (UNIZAR) que se encuentra en la Academia General Militar de Zaragoza (AGM). Aquellos aspectos más técnicos del mismo están recogidos en los diferentes anexos adjuntos a esta memoria.

## 1.1 Contexto del trabajo

En la actualidad, el trabajo con cartografía es vital para cualquier unidad militar. Poder utilizar una cartografía con mayor precisión o con mayor información puede ser un aspecto clave para la consecución de la misión.

En este sentido, la cartografía topográfica, aun siendo imprescindible su uso sobre el terreno, resulta insuficiente para un conocimiento en profundidad del terreno. Por otro lado, la elaboración de cartografía digital interoperable con los diversos sistemas de mando y control (C2) militares o civiles, hace mucho más sencilla la difusión de dicha información geográfica a los componentes de las unidades militares. La tendencia a la informatización de la información para su rápido procesamiento y distribución viene reflejada en la visión que se hace en el *"Libro Blanco de la Artillería 2025"* (GB. D. Alfredo Sanz y Calabria, 2015).

*«En los próximos años se deberán desarrollar sistemas informatizados de mando y control específico para planificar y ejecutar las acciones necesarias que permitan obtener un apoyo logístico ágil.»*

*«Esta información deberá ser cifrada, transmitida, descifrada, almacenada y explotada según las necesidades del momento.»*

*«Como consecuencia del aumento de todas estas capacidades (sobre todo la de almacenamiento de información) surgirá la necesidad de disponer de software experto que permita realizar una explotación adecuada, facilite la toma de decisión y correlacione información dispersa.»*

En este contexto, los Sistemas de Información Geográfica (SIG) (conocidos también como GIS, por sus siglas en inglés) se han erigido en los últimos años como la herramienta que permite resolver estas necesidades (García-Martín y Lamelas, 2015). El Instituto Geográfico Nacional (IGN) define en su página web (<https://www.ign.es/ign/layoutIn/actividadesSistemaInfoGeografica.do>) un SIG como:

*«Conjunto integrado de medios y métodos informáticos, capaz de recoger, verificar, almacenar, gestionar, actualizar, manipular, recuperar, transformar, analizar, mostrar y transferir datos espacialmente referidos a la Tierra.»*

Los SIG permiten la representación eficiente de todas las variables que componen un territorio (orografía, clima, infraestructuras, etc.) en una amplia gama de escalas que nos permite la creación de cartografía de tamaño variable según las necesidades. La información espacial siempre está relacionada con su información temática, lo que nos permite conocer en un punto concreto características como su pendiente o su elevación. Además, la forma de almacenamiento de la información permite la aplicación de herramientas de análisis de dicha información (Olaya, 2014).

Existe una gran variedad de programas informáticos SIG como, por ejemplo, ArcGIS (<https://www.arcgis.com/features/index.html>), QGIS (<http://www.qgis.org/es/site/>) o gvSIG (<http://www.gvsig.com/es/inicio>). En el seno del Ejército de Tierra (ET), de la mano del Centro Geográfico del Ejército (CEGET), se ha desarrollado el programa Carta Digital, un software SIG que combina capacidades de los software civiles junto a otras de uso exclusivo militar, fruto de las necesidades específicas militares en el planeamiento y conducción de las operaciones. Este software, cuya primera versión apareció a mediados de la década de los 90 del pasado siglo, está en constante evolución, adaptándose a las necesidades expresadas por las distintas Unidades del ET conforme avanza la tecnología (García-Martín y Lamelas, 2015).

Sin embargo, tal y como quedó de manifiesto durante la realización de las prácticas externas (PEXT) en el Grupo de Artillería de Campaña XII (GACA XII), sito en la Base del Goloso, en la provincia de Madrid, el uso y explotación de Carta Digital para la realización de operaciones de planeamiento y despliegue de unidades de artillería de campaña hasta nivel de grupo es, cuanto menos, muy deficiente, cuando no inexistente. Por ello, el presente proyecto surge por la propuesta realizada en el seno del GACA XII de aprovechar la potencialidad de Carta Digital para llevar a cabo estas operaciones.

## **1.2 Objetivo**

El objetivo del presente trabajo es analizar las capacidades del software Carta Digital como herramienta de apoyo en la toma de decisiones para el planeamiento de las operaciones y despliegue de las unidades Artillería de Campaña hasta nivel Grupo. Para el cumplimiento de este objetivo es necesaria la consecución de una serie de objetivos parciales que se exponen a continuación:

- Determinar las necesidades de índole geográfica que tienen las unidades de Artillería de Campaña hasta nivel Grupo para la toma de decisiones en el planeamiento y la conducción, conocer los procedimientos tradicionales empleados para ello.
- Analizar las capacidades de Carta Digital para la toma de decisiones en el planeamiento de las operaciones y el despliegue de las unidades seleccionadas en el trabajo.
- Estudiar la integración de este software con el Sistema de Mando y Control (C2) de la artillería de campaña.
- Proponer medidas para facilitar el uso de Carta Digital por parte de las unidades seleccionadas en el trabajo.

## **1.3 Ámbito de aplicación**

El ámbito del estudio de este proyecto es un Grupo de Artillería de campaña. Esto implica la necesidad de la utilización de productos de información geográfica a escalas medias (1: 100.000 – 1: 50.000) que pertenecen a niveles superiores, como, por ejemplo, a nivel Brigada, y la distribución de productos de escalas de más detalle (iguales o superiores a 1: 25.000) que serán utilizados por las Baterías del Grupo o, incluso, por secciones, piezas o un binomio.

## **1.4. Metodología y herramientas**

La metodología planteada para la consecución del objetivo principal se articula en cuatro fases, que están íntimamente ligadas con los objetivos parciales planteados:

- Determinación de las necesidades de índole geográfica que tienen las unidades Artillería de Campaña hasta nivel de Grupo para la toma de decisiones en el planeamiento y la conducción y conocer los procedimientos tradicionales empleados para ello. Esta determinación se basa en la utilización de dos fuentes de información: (i) los manuales de doctrina y adiestramiento relativos a esta temática; y (ii) la experiencia previa de los efectivos destinados en la UCO de destino (GACA XII, Madrid), conocida mediante entrevistas personales con los efectivos destinados en esa unidad.
- Análisis de las capacidades de Carta Digital para la toma de decisiones en el planeamiento y la conducción de las operaciones de las unidades seleccionadas. Este análisis se realiza de manera teórica y empírica, de tal manera que, a partir de un determinado caso práctico simulado, se emplea Carta Digital para la obtención y modelización de toda la información geográfica necesaria que permite la toma de decisiones en el planeamiento y el despliegue de ese caso práctico.
- Estudio de la integración de Carta Digital con el Sistema de Mando y Control (C2) de la artillería de campaña. Se estudian las compatibilidades y capacidades de integración existentes entre Carta Digital y programa TALOS en materia de la artillería de campaña, acompañando este estudio con un caso práctico en TALOS.
- Proposición de medidas para facilitar el uso de Carta Digital por parte de las unidades seleccionadas. En base a las entrevistas realizadas con efectivos destinados en la UCO de destino, se identifican una serie de acciones a contemplar de cara a integrar de manera sencilla el uso de Carta Digital en las unidades Artillería de Campaña hasta nivel de Grupo.

## **2. RESULTADOS**

### **2.1 Necesidades geográficas de las unidades Artillería de Campaña hasta nivel de Grupo para la toma de decisiones en el planeamiento y la conducción y procedimientos tradicionales empleados para su obtención**

Las necesidades de información geográfica de las unidades de Artillería de campaña pueden dividirse en dos grandes categorías: (i) en el planteamiento de una operación; y (ii) en la realización del despliegue. A continuación se dedica una sub-apartado específico a cada uno de ellos.

#### **2.1.1. Necesidades para la realización de un planteamiento de una operación**

En el planeamiento de una operación, el análisis del terreno sobre el cual se va efectuar se hace desde dos puntos de vista totalmente contrarios:

- *Para el desarrollo de las líneas de acción propias:* este análisis debe tener en cuenta el material los sistemas de armas con los que se cuenta y

las capacidades de estos (por ejemplo, no tiene la misma movilidad un *Obús ATP* que una pieza remolcada *Ligth Gun*).

- *Para el desarrollo de las líneas de acción enemigas:* este punto de vista se encuadra dentro del denominado análisis INTE (INtegración Terreno Enemigo) y tiene por objeto apoyar el proceso de planeamiento y conducción propio de las operaciones determinando las líneas de acción del enemigo y describiendo los factores determinantes del terreno.

Para el desarrollo de ambas líneas se estudia el terreno desde dos vertientes genéricas:

- *Aspectos generales del terreno:* consiste en el estudio del territorio donde se va a realizar el despliegue teniendo en cuenta tanto la topografía como las distintas realidades antrópicas y naturales que aparecen en el área de estudio. Este estudio se manifiesta en la creación de distintas capas de información independientes que recogen todos estos aspectos (por ejemplo: pendientes, vegetación, hidrografía, infraestructuras viarias, núcleos de población, etc.

- *Aspectos militares del terreno:* basándose en los aspectos generales del terreno y conociendo las dimensiones doctrinales de los despliegues del enemigo, se analizan analizaremos una serie de aspectos de índole militar como, por ejemplo, la existencia de zonas visibles y ocultas desde determinados puntos geográficos y teniendo en cuenta los medios de observación disponibles.

Tal y como demuestra el resultado de las entrevistas personales realizadas en el GACA XII, este tipo de estudios se aborda tradicionalmente mediante la utilización de un mapa topográfico y mapas temáticos de las distintas variables nombradas anteriormente, ya sea en formato papel o en digital, pero, en este último caso, sin el soporte y la capacidad de análisis que da un SIG.

La cartografía recopilada es utilizada para generar dos productos que son la base para la toma de decisiones en el planeamiento de una operación: el Superponible de Obstáculos Combinados (SOC) y el Superponible de Avenidas y Corredores (SAC).

El SOC es un producto fruto del estudio de los aspectos generales del terreno que permite determinar la influencia del terreno sobre la situación táctica. En el estudio de los aspectos generales del terreno, aunque existe una gran variedad de factores, se destacan algunos de mayor importancia (Mando de Adiestramiento y Doctrina, 2016):

- **Pendientes:** estas pueden llegar a hacer intransitable una zona del terreno. Su estudio se realiza en tanto por ciento (%). Debe conocerse en función de la pendiente el tipo de medios que pueden transitar por esa zona, ya que dependiendo de la pendiente un trayecto puede ser intransitable para un vehículo pero no para una persona a pie. El procedimiento de análisis tradicional es la confección de un diapasón de pendientes (ANEXO A), siendo la aplicación de este método muy costosa en tiempo.

- **Drenaje:** comprende los diferentes cursos de agua permanentes o estacionales, las condiciones de los fondos, orillas, la velocidad del agua, etc. Aunque el análisis es sobre hidrología, es de vital importancia la representación de puentes

y zonas de vadeo y su actualización constante, tanto más si la operación militar transcurre en un largo período de tiempo en la misma zona. El procedimiento habitual de obtención de esta capa es el dibujado en una nueva capa de todos estos elementos a partir de la utilización del mapa topográfico.

- **Vegetación:** la vegetación proporciona ocultación a la observación terrestre y aérea y, además, la presencia de un obstáculo para el movimiento. Así, los factores relevantes a tener en cuenta de esta variable son el tipo, la densidad y la altura de la vegetación presente en el área de estudio. Tradicionalmente esta capa es muy difícil de integrar dado que necesita una total actualización, debido a que la vegetación puede desaparecer o cambiar de altura en poco tiempo. La forma tradicional de conseguir esta información es la utilización de mapas de vegetación o forestales en formato de papel.

- **Obras artificiales:** el papel que estos elementos juegan en el planeamiento de una operación es muy variable. Así, una infraestructura viaria (carreteras, caminos, vías ferroviarias, aeropuertos, poblados etc.) puede desempeñar un papel facilitador para el movimiento de una operación, ser una barrera, un lugar a proteger, un objetivo a neutralizar... La obtención de esta capa de información suele basarse, una vez más, en el dibujado de estos elementos a partir de la utilización del mapa topográfico.

El resultado final del SOC es un mapa en el que se distinguen las siguientes categorías:

- **Zona de movimiento muy restringido:** terreno que impide o ralentiza severamente el movimiento de las unidades.
- **Zona de movimiento con restricciones:** terreno que condiciona el movimiento de las unidades pero no lo impide.
- **Zona de movimiento sin restricciones:** terreno que permite un movimiento cómodo para las unidades sin apoyo a la movilidad.

La realización del superponible realizado por el proceso tradicional, como se explica en el ANEXO B, implica la realización de una gran cantidad de superponibles, proceso que es muy costoso en el tiempo.

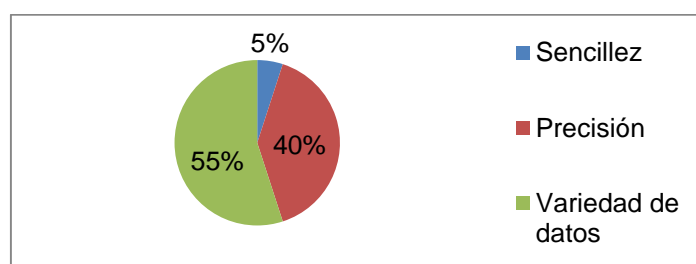
El SAC se realiza una vez concluido el SOC y busca las zonas con mayor facilidad de tránsito para identificar los principales corredores de movilidad por donde la unidad enemiga podría realizar su maniobra. Para su realización se estudian los factores militares del terreno conocidos como OCOKA (*Observation, Cover and concealment, Obstacles, Key terrain and Avenues of approach*), cuya obtención se basa en:

- **Observación y campos de tiro:** se refiere a la posibilidad de llevar a cabo el reconocimiento, la vigilancia y la adquisición de objetivos.
- **Ocultación y protección:** íntimamente relacionado con la observación y los campos de tiro, pero desde la posición contraria.
- **Obstáculos:** son los condicionantes naturales o artificiales del terreno que detienen o retardan las fuerzas militares.



- Terreno clave: aquella zona de terreno cuya posesión o control proporciona una marcada ventaja táctica.
- Avenidas de aproximación: son las rutas por las que una fuerza accede a sus objetivos o terreno clave.

La pertinencia del producto SOC y SAC para realizar una operación de planeamiento depende de la calidad de la información geográfica utilizada en términos de: (i) sencillez de interpretación y utilización; (ii) precisión espacial y temática; y (iii) variedad de la información representada. La importancia de estos tres aspectos fue evaluada en función de la experiencia acumulada por el personal destinado en el GACA XII mediante la utilización de un cuestionario (ver ANEXO C). Como se observa en la Figura 1, el factor “variedad de la información representada” es percibido como el más importante (55% de las respuestas), seguido por el de “precisión espacial y temática” (40%), siendo muy bajo el porcentaje de respuestas que valoran la “sencillez de interpretación y utilización” como un factor relevante (5%). Esto se debe a que la realización de los superponibles SOC y SAC mejoran con la inclusión de un mayor número de capas de información y la precisión de estas. Sin embargo al realizarse normalmente durante la fase de planeamiento la sencillez de estos datos no es un aspecto clave.



**Figura 1. Importancia de las características de la información geográfica necesaria para la realización de un planteamiento. Fuente: elaboración propia.**

### 2.1.2. Necesidades para la realización de un despliegue.

Un despliegue de un Grupo de Artillería es entendido por la doctrina de la siguiente manera (Mando de Adiestramiento y Doctrina, 1997):

*Se entiende por despliegue de un GACA el conjunto de actividades que realiza esta unidad para situar a sus distintos elementos en la Posición Artillera, en disposición de actuar, con los enlaces y la seguridad necesarios para cumplir la misión encomendada.*

*Estas actividades comprenden el reconocimiento, selección, ocupación y organización de la Posición artillera y los desplazamientos que todo ello implica.*

*La Posición Artillera de un Grupo es aquella zona del terreno desde la cual un Grupo, una vez desplegado, cumple su misión, y comprende unas Zonas de Asentamientos (ZACAS,s), una Zona de Servicios (ZS.) y, con frecuencia, unos observatorios (Obsio,s).*

Las actividades comprendidas en la definición que da la doctrina de un despliegue de Artillería de campaña relacionadas con el estudio del terreno se pueden clasificar en dos grupos: (i) Reconocimiento del terreno; y (ii) Selección de ubicación.

### 2.1.2.1. Reconocimiento del terreno

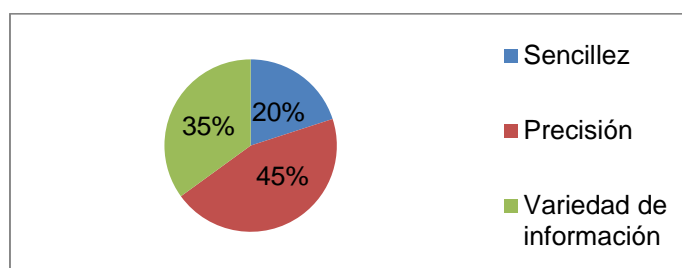
Los reconocimientos tienen por objetivo examinar el terreno, reconociendo en él itinerarios, zonas de abastecimiento, de servicios y observatorios (Mando de Adiestramiento y Doctrina, 1998). El reconocimiento sobre el terreno, precedido de un estudio de la cartografía disponible, es el mejor método a emplear para optimizar al máximo la conducción de la operación.

En estos reconocimientos se estudiarán:

- Puntos críticos, debidos a las limitaciones del material disponible como la pendiente máxima.
- Ocultación y protección de las vistas y fuegos enemigos.
- Zonas aptas para entrar en posición en las inmediaciones de los itinerarios a utilizar
- Puntos adecuados para la dislocación del Grupo.
- Zonas aptas para la espera del Grupo.
- Itinerarios a utilizar.

La mejor manera de reconocer la zona de acción comprobando las limitaciones y servidumbres de la misión encomendada es desplegando físicamente en el terreno. Sin embargo, un mal planeamiento del mismo sobre una cartografía puede llevar a un Destacamento de Reconocimiento (DRECO) a trabajar sobre una zona que se podría haber clasificado como no válida a priori, lo que se traduce en un retraso en la conducción o planeamiento de la operación e, incluso, un cambio sustancial en la línea de acción a desarrollar por el Grupo de Artillería (Mando de Adiestramiento y Doctrina, 2007).

De las entrevistas efectuadas en el seno del GACA XII de cara a valorar la importancia en la información geográfica de los tres aspectos mencionados anteriormente para planear un reconocimiento (Figura 2) se desprende que, de nuevo, la variedad y la precisión se erigen como los dos de mayor importancia, aunque variando el orden obtenido para la realización de un planteamiento. Asimismo, se destaca que la sencillez de la información obtiene un porcentaje de valoración muy superior al del caso del planeamiento (20% frente al 5%). Esto es debido a que los efectivos implicados directamente en la ejecución real del despliegue necesitan documentación clara de cara a ejecutar ordenes sobre el terreno.



**Figura 2. Importancia de las características de la información geográfica necesaria para la realización de un reconocimiento de un terreno. Fuente: elaboración propia.**

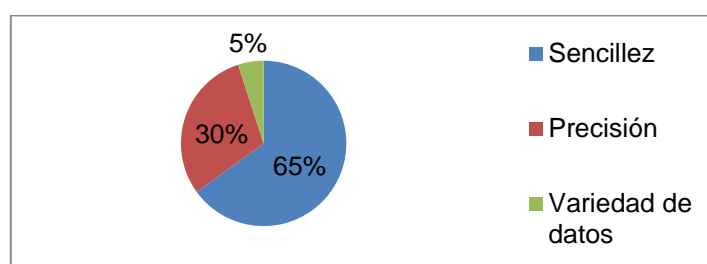
### 2.1.2.2. Selección de la ubicación.

Dentro de este sub-apartado se pueden distinguir tres elementos participantes del despliegue con distintas necesidades de información geográfica: (i) medios de producción de fuegos; (ii) medios de reconocimiento y adquisición de objetivos; (iii) elementos de mando y control.

*2.1.2.2.1. Medios de producción de fuego.* Los medios productores de fuego de Artillería de campaña tienen unas necesidades de información geográficas comunes para todos los tipos de bocas de fuego (Estado Mayor del Ejército, 1996):

- *Navegación:* las piezas necesitan una cartografía básica para la navegación o para el establecimiento de una ruta propia en caso de funcionamiento como pieza nómada<sup>1</sup>.
- *Ocultación:* las piezas deben estar fuera de la vista del enemigo. Para ello empleamos una masa cubridora entre las piezas y el enemigo.
- *Ángulo mínimo de tiro:* aunque muchas veces se toma el ángulo hacia el límite superior de la masa cubridora, este depende del alcance del tiro y de la carga de proyección empleada. El tiro puede ser limitado por una cota o un edificio tras la masa cubridora y de mayor altura que esta. Esto se puede solucionar con la inclusión en el cálculo de tiro de un modelo de elevación del terreno de precisión suficiente como para distinguir construcciones.
- *Coordenadas de las piezas:* lo más exactas que sea posible para mayor precisión en el tiro.

Según los resultados obtenidos en las entrevistas realizadas en el GACA XII, para la producción de fuego la sencillez de la información geográfica es, con diferencia, la característica más importante (Figura 3). Esto es debido a que en circunstancias normales la mayor preocupación para una pieza será únicamente la navegación y hacer fuego con los datos que se le proporcionen desde fuera, haciendo esto con la máxima rapidez posible. De ahí una necesidad de sencillez en la información recibida.



**Figura 3.** Importancia de las características de la información geográfica necesaria para los medios de producción de fuego. Fuente: elaboración propia.

*2.1.2.2.2. Medios de reconocimiento y adquisición de objetivos.* El reconocimiento y adquisición de objetivos para la selección de una ubicación en un despliegue se ejecuta

---

<sup>1</sup>Pieza nómada es aquella que opera de manera autónoma, es decir se levanta topográficamente y hace fuego por sus propios medios.

por los DRECO, los radares y los observatorios de grupo y observadores avanzados. A este respecto cabe destacar que orgánicamente los GACA's no disponen de unidades radar contrabatería, pero su agregación a dichos GACA's es un procedimiento frecuente.

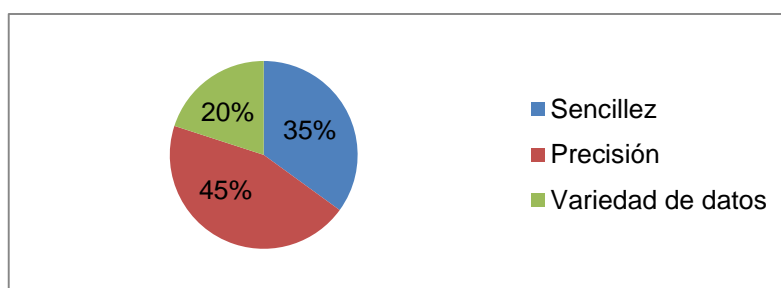
Los DRECO tienen la necesidad de información geográfica comentada anteriormente para el reconocimiento de itinerarios y asentamientos, además de cartografía para navegación y transmisión de zonas de espera y asentamientos.

Por su parte, los radares necesitarán la información geográfica pertinente para su emplazamiento óptimo. El emplazamiento de estos radares será óptimo cuanto mayor sea su visibilidad del campo de batalla dada una longitud de onda determinada, siempre que esté dentro del despliegue (Mando de Adiestramiento y Doctrina, 1997). Esto es sumamente complicado con cartografía topográfica.

Por último, los observatorios de Grupo y los observadores avanzados se diferencian entre sí por su situación táctica en el despliegue. Un observatorio de Grupo lo despliega el Grupo según sus necesidades para corregir fuegos, por lo general, en el eje de progresión. Por su parte, un observador avanzado acompaña a otra unidad de primera línea para corregir fuegos solicitados por ésta o cercanos a su posición.

Las necesidades de información geográfica, tanto para un tipo de observadores como para otro, se centran en conocer zonas de visibilidad sobre las zonas de caída para corregir las acciones de fuego (Estado Mayor del Ejército, 1997). Por otro lado, también necesitan de cartografía para navegación ajustada a su zona de acción, que normalmente es la misma que la que necesitan los medios productores de fuego para su movimiento. La disposición de esta cartografía de zonas de visibilidad sobre el enemigo para solicitar o corregir las acciones de fuego supone una ventaja solamente si ésta dispone de un modelo digital del terreno (MDT)<sup>2</sup> con información altimétrica preciso para el cálculo de distancias geométricas y reducidas.

Atendiendo a los tres tipos de medios de reconocimiento y adquisición de objetivos, los resultados obtenidos en las entrevistas realizadas al personal componente de la unidad donde se han realizado las PEXT indican que la característica más importante en relación con la información necesaria es, con un 45%, la precisión en la información, dado que se trata de obtener unas correcciones sobre el fuego propio y, por ello, la precisión se convierte en un elemento fundamental (Figura 4).



**Figura4.Importancia de las características de la información geográfica necesaria para medios de reconocimiento y adquisición de objetivos Fuente: elaboración propia.**

---

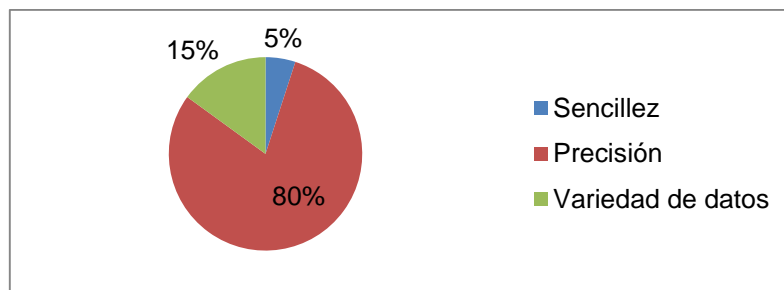
<sup>2</sup>Un MDT se define como una “estructura numérica de datos que representa la distribución espacial de una variable cuantitativa y continua” (Felicísimo, 1995)

2.1.2.2.3. *Mando y control (C2)*. Por último, los elementos de Mando y Control del Grupo de Artillería de Campaña en el teatro de operaciones son el Puesto de Mando del Grupo y los Puestos de Mando de Batería. El Puesto de Mando del Grupo se compone de dos puestos de mando, el avanzado con el Centro de Operaciones y FDC (*Fire Director Centre*), y el retrasado con la primera y cuarta sección (Mando de Adiestramiento y Doctrina, 1997).

El FDC, localizado en el puesto de mando avanzado, es el encargado del cálculo y la difusión de los datos necesarios para realizar el tiro. Para ello actualmente se utiliza el calculador balístico del sistema TALOS, que proporciona mejores datos de tiro cuanto más precisa es la información geográfica de la que dispone para el cálculo. Entre esos datos se encuentran los siguientes:

- MDT. Imprescindible para evitar impactos prematuros en la trayectoria del proyectil. Una gran ventaja es que este MDT incluya la altura de los edificios y de la vegetación existente en la zona.
- Coordenadas del medio productor de fuego.
- Coordenadas del objetivo.

Los resultados obtenidos en las entrevistas realizadas al personal componente de la unidad donde se han realizado las PEXT indican que, en el caso de la información geográfica necesaria para las actividades de mando y control, la precisión es la cualidad más valorada (Figura 5). En este caso, al tratarse de la realización de cálculos balísticos y dado que se busca la máxima precisión desde el primer disparo, es lógico que precisión sea el aspecto de mayor importancia requerido en la información geográfica.



**Figura 5.** Importancia de las características de la información geográfica necesaria para mando y Control. Fuente: elaboración propia.

Como conclusión, los resultados obtenidos a cerca del estudio hecho sobre las necesidades geográficas de las unidades Artillería de Campaña hasta nivel de Grupo para la toma de decisiones en el planeamiento y el despliegue indican que éstas son muy diversas y variadas, otorgando los diferentes distintos grados de importancia a las propiedades de esta información en cuanto a sencillez, precisión y calidad.

Independientemente de esto, se constata la dificultad de obtener todas las variables conjugadas a partir de la simple interpretación y el trabajo (ya sea analógico –sobre papel- o digital –mediante ordenador-) de la fuente de datos tradicional a partir de la cual extraer todas estas variables: el mapa topográfico. En este sentido, la utilización de los SIG para generar, analizar y visualizar todas las necesidades geográficas aquí recogidas parece erigirse como una herramienta fundamental.

## **2.2 Análisis de las capacidades de Carta Digital para la toma de decisiones en el planeamiento y la conducción de las operaciones de las unidades seleccionadas.**

Como se ha recogido en el apartado de introducción, Carta Digital es el software desarrollado por el CEGET para proveer de capacidad de trabajo SIG a las distintas unidades del ET. En otras palabras, se trata de la herramienta diseñada por el ET para poder manipular de forma eficiente cualquier capa en formato digital que contenga información geográfica de distinta índole y, en base a este trabajo, tomar las mejores decisiones posibles en cualquier tarea en la que el territorio juega un papel esencial. A la fecha de la realización de este trabajo, la versión de Carta Digital que está disponible en la Intranet de Defensa, en el apartado de “Ayudas a la Decisión” es la 6.0.

Para la lograr modelar correctamente los distintos elementos de la realidad geográfica teniendo en cuenta la escala de trabajo y los fines con que se va a utilizar esa información, los SIG manejan dos tipos de modelos de datos: el modelo de datos vectorial y el modelo de datos ráster, teniendo cada uno de ellos unos tipos de archivo específicos, que comúnmente reciben el nombre de capas de información geográfica. Esta división afecta también al tipo de herramienta de análisis que se puede aplicar sobre ellos.

Teniendo en cuenta esta premisa, se presenta a continuación cada uno de estos dos tipos de capas en los cuales se codifica la información geográfica para, después, siguiendo esta clasificación, analizar las herramientas de utilidad para el planeamiento y conducción en la Artillería de Campaña presentes en Carta Digital.

### **2.2.1 Tipos de capas de información geográfica en Carta Digital**

#### **2.2.1.1. Capas vectoriales**

Las capas vectoriales son las empleadas para la representación de objetos discretos, es decir, la representación de aquellos objetos o variables del territorio que tienen unos límites claros que permiten los diferenciarlos de los demás objetos. Estos objetos o variables pueden proceder tanto del mundo antrópico (por ejemplo, un edificio, una carretera, una parcela agraria), como del mundo natural (una dolina, un río, un bosque)(Olaya, 2014; García-Martín y Lamelas, 2015)

En todos los elementos geográficos representados en estas capas se distingue su dimensión espacial y su dimensión temática (Olaya, 2014; García-Martín y Lamelas, 2015):

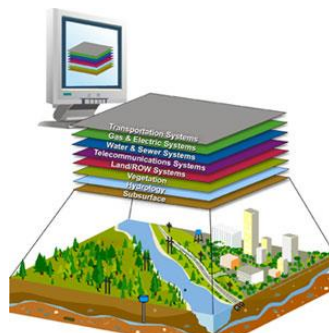
- En su dimensión espacial, estos elementos se codifican por sus fronteras y, dependiendo el tipo de escala empleada, los elementos geométricos que se utilizan para representarlos son: (i) puntos (que quedan definidos por un par de coordenadas); (ii) líneas (definidas por un conjunto de puntos unidos mediante un segmento); y (iii) polígonos (constituídos por una línea cerrada). Además, existe una estructura denominada TIN (*Triangulated Irregular Network*) que, mediante la utilización de estos tres elementos permite representar variables continuas, aunque no es óptima para operaciones de análisis.

- La dimensión temática implica una mayor diferencia con respecto a la cartografía analógica tradicional, dado que la información de los distintos atributos o características de los elementos representados (que pueden ser muchos) aparece almacenada en tablas, que se denominan como “tablas de atributos”. En estas tablas, cada característica temática de la información aparece almacenada en una columna (o campo) diferente, que es capaz de almacenar datos de formato muy variado (texto, numérico, fechas, etc.). Además, cabe destacar que cada elemento de esta tabla tiene una clave primaria única, que aparece almacenada en una columna específica. La duplicación de esta clave primaria en otra tabla-capa de información geográfica permite al SIG operar como un Sistema Gestor de Bases de Datos relacional (SGBDR), otorgando la posibilidad de realizar análisis de la información muy complejos.

Otras dos características esenciales de estas capas es que cada capa representa un elemento temático diferente de la realidad geográfica (por ejemplo, una capa con información sobre la vegetación, otra sobre las carreteras, otra sobre los asentamientos de población, etc.) (Figura 6) y que, normalmente, una capa sólo puede contener un tipo de elemento geométrico (puntos, líneas o polígonos).

El formato nativo de Carta Digital de este tipo de capas es el denominado “SIGMIL-Base de datos Microsoft Access” (o base de datos SIGMIL) que, en realidad, es un tipo de archivo actúa como un “contenedor” en el cual se almacenan varias capas de información geográfica en formato de tablas. Además de este formato, Carta Digital soporta los archivos vectoriales civiles más comunes, entre los que destacan el formato Shapefile y el KML. Por último destacar que también es capaz de integrar ficheros provenientes de Sistemas Globales de Navegación por Satélite (GNSS, por sus siglas en inglés) (es decir archivos creados utilizando los sistemas NAVSTAR-GPS<sup>3</sup> y GLONASS<sup>4</sup>).

Este tipo de archivos se pueden utilizar para la representación de unidades, rutas, zonas de acción, zonas de caída, zonas de restricción de movimiento, etc.



**Figura 6. Cada elemento conformador de la información geográfica se recoge en una capa independiente. Fuente: <http://www.ema-inc.com/gis>.**

<sup>3</sup> NAVSTAR-GPS (*NAVigation System and Ranging - Global Position System*): es el GNSS operado por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos. Se le conoce normalmente con el acrónimo GPS.

<sup>4</sup> GLONASS (*Global'naya Navigatsionnaya Sputnikovaya Sistema*): es el GNSS operado por el Ministerio de Defensa de la Federación Rusa.

### 2.2.1.2. Capas ráster

Las capas ráster son las comúnmente empleadas para representar los denominados objetos o variables continuas, es decir, aquellas cuyos límites en la realidad no están claros (por ejemplo, la temperatura, la precipitación, la altitud). Este modelo trata de “discretizar” estos objetos o variables continuas dando valores de ellos en porciones regulares del territorio. Al igual que en las capas vectoriales, las ráster se componen de una dimensión espacial y una dimensión temática (Olaya, 2014; García-Martín y Lamelas, 2015):

- En su dimensión espacial la representación de los elementos se realiza mediante una malla de celdas regulares. Cada una de estas celdas, cuya forma más corriente es el cuadrado, reciben el nombre del píxel. Cada píxel puede ser identificado por su posición en la malla a partir de su número de fila y columna.
- La dimensión temática de estas capas es mucho más sencilla que la de las vectoriales, pues simplemente se asocia un único valor numérico (nivel digital) a cada píxel. Este valor numérico se asocia con el valor de la variable caracterizada en cada punto del territorio (por ejemplo grados centígrados en el caso de la temperatura, milímetros en el caso de la precipitación y metros sobre el nivel del mar en el caso de la altitud).

De la forma de representar la información temática se extrae que cada capa puede representar únicamente una temática (altura, temperatura, etc.) dado que únicamente se puede asociar un valor a un píxel.

Por otra parte, señalar que el tamaño del píxel da la precisión espacial máxima de los objetos-variables definidos en la capa. Disminuir el tamaño del píxel aumenta el número de píxeles necesarios para la representación de la variable en cuestión, lo que hace que el tamaño del archivo en MegaBytes (MB) aumente considerablemente. Por ello se deberá ajustar la precisión a las necesidades reales del estudio.

Carta Digital cuenta con dos tipos de archivos nativos para este tipo de capas: el formato .FRE, pensado para la representación de capas ráster sobre las que no se pueden ejecutar operaciones de análisis (ortoimágenes, imágenes de satélite y mapas escaneados), y el formato .GEO, reservado para la representación de capas ráster sobre las que sí se pueden ejecutar operaciones de análisis (por ejemplo, altitud, temperatura, visibilidad). Las capas representadas por este tipo de archivos reciben en el argot de Carta Digital el nombre de “matriciales”. Además acepta los formatos ráster civiles más comunes (por ejemplo .TIFF y .ECW).

Este tipo de archivos se pueden utilizar para la creación de MDEs, capas de pendientes, zonas vistas y ocultas, ortofotos y cualquier cosa relacionada directamente con la representación del terreno.



### **2.2.2.Herramientas de análisis en Carta Digital útiles para el planeamiento y conducción en la Artillería de Campaña.**

Como se ha señalado con anterioridad, se distinguen entre herramientas que se aplican a las capas vectoriales y las que lo hacen a las capas ráster. Además, se añaden las herramientas de conversión que permiten el tránsito de un tipo de capa a otras. En cada una de estas herramientas de análisis se señala la utilidad que pueden tener para la obtención y el manejo de información geográfica útil para el planeamiento y conducción en la Artillería de Campaña.

#### **2.2.2.1. Herramientas de análisis vectorial**

En Carta Digital, las herramientas de análisis reciben el nombre de “Consultas”. Un primer aspecto a destacar de las consultas aplicadas a las capas vectoriales es que se tiene la capacidad de realizar la consulta solo sobre ciertos elementos de la capa mediante un filtro que haga referencia a algún atributo de la tabla de la capa. Esto, por ejemplo, permite hacer una consulta vectorial dentro de una capa con las posiciones defensivas haciendo solo referencia a las que estuviesen en el 'Sector Oeste', siempre que esta característica este contemplada dentro de la tabla de atributos.

El resultado de las consultas de análisis vectorial es únicamente un elemento gráfico, dado que este resultado carece de dimensión temática. Sin embargo, se puede realizar crear una nueva capa con esta consulta en la base de datos SIGMIL, proceso que se denomina “volcado”. Es de interés realizar un volcado cuando se realizan consultas en las que se obtiene una geometría por combinación espacial, ya que de esta manera podemos obtener una geometría que en zonas de nuestro interés posea información de más de una temática.

A continuación se describen consultas vectoriales que se pueden realizar mediante Carta Digital y su aplicación a la Artillería de Campaña.

- **Asignación de Z:** se puede asignar una altura a un elemento vectorial utilizando un modelo digital de elevaciones para asignarle la altura del terreno, o bien una altura constante que puede ser utilizado para la creación de pasillos aéreos. De utilidad para, por ejemplo, conocer la altitud exacta a la que se encuentra un objetivo a batir.
- **Centroide:** dado un conjunto de elementos calcula el punto medio entre ellos. Puede ser de utilidad a la hora de establecer puntos de municionamiento o puestos de socorro.
- **Cercanía:** dado un conjunto de elementos calcula la geometría más cercana de otro conjunto de elementos. En esta consulta se puede aplicar distancia plana o en caso de tener un Modelo digital de elevaciones la distancia geodésica. De utilidad en el planeamiento logístico, con el fin de seleccionar los puestos de municionamiento, entre otros cometidos.
- **Combinación espacial:** dados dos conjuntos de elementos se crea una entidad intersección o diferencia de las dos anteriores. De utilidad a la hora de representar zonas de responsabilidad o zonas de acción.

- **Cálculo de rutas:** dada una capa vectorial de carreteras, caminos, etc. Se calcula el trayecto óptimo entre diversos puntos que se establecen en nodos de paso obligatorio y pudiendo evitar puntos mediante nodos de paso prohibido. Se puede además priorizar un tipo de rutas dando un peso específico según un atributo a los tramos. Se puede además establecer que tramos son de sentido único y cuáles de sentido doble mediante atributos. Esta herramienta es de gran utilidad a la hora de establecer rutas y exportarlas a GPS.
- **Distancia:** representa las entidades de una tabla que se encuentren a una distancia de las entidades de otro. Esta distancia se puede tomar como igual, mayor o igual, menor o igual, mayor, menor o distinta a un valor dado. De utilidad para la asignación de objetivos, zonas de responsabilidad etc.
- **Generación de puntos:** genera puntos en una geometría seleccionada pudiendo programar la densidad de puntos, la separación entre los mismos y el tipo de distribución (Aleatoria, Cuadrícula o Tresbolillo). De utilidad para generar objetivos en las zonas de caída previstas.
- **Relación espacial:** representa los elementos de una capa vectorial que guardan una relación con los elementos de otra capa vectorial. Estas relaciones pueden ser las siguientes: Que intersecten a, que no intersecten a, contengan a, toquen a, estén dentro de, sean iguales a, sean parecidas a, se solapen con y crucen a. Esta consulta es de gran utilidad para relacionar espacialmente las geometrías vectoriales como posiciones artilleras, zonas de acción, etc.
- **Zona de influencia:** crea un área alrededor de las geometrías relacionadas de una distancia ajustable. Su propio nombre indica una de sus utilidades, representar zonas de influencia en las posiciones artilleras.

#### 2.2.2.2. Herramientas de análisis matricial

Las consultas matriciales son las que se aplican sobre las capas ráster cuyo formato de archivo sí permite la ejecución de operaciones de análisis, es decir sobre las que tienen un tipo de archivo .GEO. El resultado de aplicar estas consultas sobre una capa es otra capa cuya información en sus píxeles depende de la consulta realizada.

Se puede realizar un filtro espacial con la finalidad de realizar la consulta seleccionada solo el parte de las capas ráster. Cabe destacar que cuanto mayor tamaño de la capa y mayor precisión espacial, la consulta se realizará sobre un número mayor de píxeles, por tanto la capacidad del ordenador debe ser mayor para soportar el proceso.

A continuación se describen por conjuntos las consultas matriciales que se pueden realizar mediante Carta Digital y sus posibles aplicaciones a la Artillería de Campaña.

##### *Álgebra matricial.*

En esta consulta se introducen una o varias capas ráster en las cuales se realiza una operación píxel a píxel. Existe una gran diversidad de operaciones que se pueden realizar en estas consultas y se clasifican en tres categorías.

- **Operaciones aritméticas:** siendo E1,E2...,En capas ráster y pudiendo introducir una constante. Se pueden realizar las siguientes operaciones: Negativo(E1), Inverso(E1), E1-Constante, E1/Constante, E1-E2, E1/E2,

$E1+...+En$  [+Constante],  $E1*...*En$  [\*Constante],  $Max(E1,...,En$  [,Constante]),  $Min(E1,...,En$  [,Constante],  $Promedio(E1,...,En$  [,Constante]) y  $Normalización(E1$  [,Constante]).

•**Operaciones lógicas:** siendo E1,E2...,En capas ráster y pudiendo introducir una constante. Se pueden realizar las siguientes operaciones lógicas cuyo resultado se representa en forma de verdadero (1) o falso (0): Falso, Verdadero, NOT E1, AND, OR, NAND, XOR y NOR.

•**Operaciones de comparación:** Siendo E1, E2 capas ráster y pudiendo introducir una constante. Se pueden realizar las siguientes operaciones de comparación cuyo resultado se representa en forma de verdadero (1) o falso (0): comparación (mayor que, menor que, mayor o igual que, menor o igual que, igual que y diferente que) de una capa ráster E1 respecto a una capa ráster E2 o una constante.

La aplicación más directa es la realización de un superponible SOC con una rapidez y una flexibilidad mucho mayor que cuando se hace por el método tradicional descrito en el apartado 2.1. y en el ANEXO B. La figura 7 muestra un ejemplo: tenemos capas ráster clasificadas en zonas MMR, MCR o MSR. Aplicando operaciones lógicas acordes al criterio de solape de áreas que se define en el ANEXO B, extraemos directamente el superponible SOC con los factores que deseamos. Este producto gráfico puede ser aplicado sobre un mapa y ajustándole la transparencia para su correcta visualización a modo superponible.



**Figura7.Ejemplo de operación lógica: realización de un SOC. Fuente: elaboración propia.**

### ***Clasificación.***

Dada una capa ráster con unos valores en los píxeles acordes a su temática, la consulta matricial de clasificación permite agrupar rangos de valores en otros valores de salida.

Esta operación suele ser utilizada para observar gráficamente una clasificación de las características del terreno, como podría ser la temperatura de la zona estudiada clasificándola en menor de 15°C, entre 15°C y 20°C o mayor de 20°C.

Otra opción es su clasificación para utilizarlo en consultas de álgebra matricial, como es el caso de la clasificación de las capas en MMR, MCR y MSR en el proceso de realización del superponible SOC como se muestra en la Figura8.



**Figura 8. Clasificación de una capa de pendientes. Fuente: elaboración propia.**

### ***Cotas significativas.***

Dado un modelo digital de elevaciones, la consulta puede extraer las cotas máximas, las cotas mínimas o los collados y los representa como una capa vectorial de puntos.

Esta capa vectorial resultante carece de dimensión temática a no ser que se realice un volcado de información de otra capa.

Esta herramienta se puede utilizar para el reconocimiento de puntos que van a ser potenciales observatorios o localizaciones para un radar.

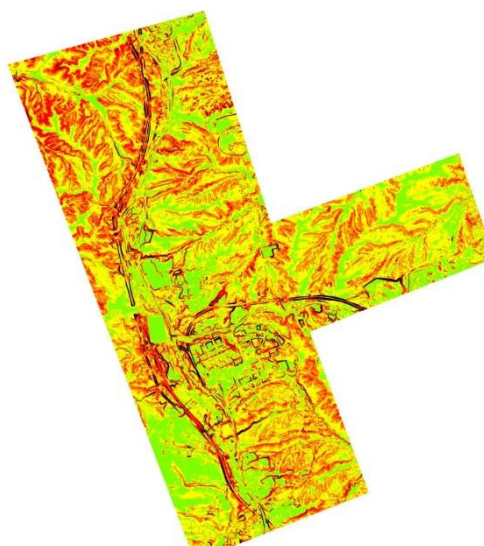
### ***Pendientes.***

Dado un MDT con información sobre altitud del terreno, la consulta extrae la pendiente de la parte de terreno seleccionado mediante la diferencia de cota entre los píxeles consecutivos. Por tanto, cuanto mayor sea el número de píxeles del modelo digital de elevaciones, mayor será la precisión de la consulta. El resultado en los píxeles se expresa en tantos por 1.

La consulta permite la representación de las pendientes en rangos con un color asignado. Estos rangos y colores pueden ser modificados para ajustar la representación a la variabilidad de pendientes que queramos representar, como muestra la Figura9: pendientes, en la que se representan rangos del 7%, 15%, 25% y 50%.

La consulta también permite seleccionar un acimut en el cual representar las pendientes, o representar la pendiente máxima en cada punto.

La aplicación de esta consulta es directa, al conocer las pendientes podemos conocer las



**Figura 9. Ejemplo de la operación pendiente. Fuente: elaboración propia.**

limitaciones de movilidad de nuestro material. Podemos realizar diversas capas con diferentes rangos de pendientes para ajustarlo a los diversos materiales de un grupo. No tienen la misma capacidad de movilidad los elementos de ruedas que los de cadenas.

Esta capa además es una de las necesarias a la hora de confeccionar un superponible SOC. La capacidad de realizar en instantes varias capas con las limitaciones de cada material aumenta la calidad del producto resultante con respecto al método explicado en el ANEXO A.

#### ***Transitabilidad lineal.***

Dada una capa ráster cuya dimensión temática represente unos costes de movilidad como podría ser la pendiente, posteriormente se selecciona un punto de origen y un punto de destino.

La consulta calcula mediante algoritmos heurísticos el trayecto de menor coste entre ambos puntos. Es posible seleccionar el algoritmo a utilizar entre Manhattan, Diagonal, Diagonal Euclídea y Diagonal mejorada.

La consulta permite utilizar diagonales en el cálculo o evitarlas. También permite seleccionar un coste máximo por celda, de utilidad para incluir las restricciones de movilidad del material.

Esta consulta puede resultar fundamental de cara a planificar los movimientos de las distintas bocas de fuego utilizadas en la operación.

#### ***Visibilidad.***

Dado un MDT con información sobre altitud del terreno, se selecciona un punto del terreno desde el que se realizará la consulta de visibilidad. La consulta devolverá, como se muestra en la Figura 10 una representación gráfica de las zonas visibles (en verde) y las que quedan ocultas a la vista (en rojo) desde la posición de origen.



**Figura 10. Ejemplo de operación visibilidad. Fuente: elaboración propia.**

En esta consulta es posible variar la altura de la torre, es decir la altura del observador sobre el terreno, la altura del objetivo y el radio de observación sobre el que se realizará la consulta.

Otro apartado importante es la pestaña de realismo, en la cual podemos variar parámetros con el fin de ajustar lo máximo a la realidad del terreno. En ella se puede añadir una capa de vegetación, la cual puede alterar en gran medida las zonas visibles dependiendo de la altura de la torre y del objetivo. De utilidad para determinar asentamientos con protección visual respecto al enemigo.



Para la transformación inversa, la consulta crea elementos vectoriales que agrupan píxeles de valor equivalente. El valor de estos píxeles se transforma en el valor de un atributo de la dimensión temática vectorial de estos elementos.

Se utilizará esta consulta para crear elementos vectoriales que son más idóneos para la representación gráfica sobre un plano, de esta manera podemos sacar las zonas prohibitivas para un material del estudio de una capa de pendientes y transformarlo en polígonos vectoriales que se representan sobre un mapa e indican zonas restringidas en el estudio de un itinerario.

### **2.2.3 Creación de cartografía ad hoc.**

Una de las ventajas más importantes que proporciona la utilización de un sistema SIG como Carta Digital es la flexibilidad que proporciona en la composición y distribución de la cartografía.

Como se ha mencionado anteriormente en este trabajo, los elementos que componen la Artillería de Campaña tienen diferentes necesidades cartográficas. Estas diferencias no son solo en cuanto a las zonas de estudio, también existen diferencias en la variedad de información y la precisión requeridas.

Carta Digital permite distribuir a cada elemento que participa en las tareas de planeamiento y conducción en la Artillería de Campaña las zonas que necesita con la variedad de información y la precisión que le corresponde. También permite agilidad de respuesta, puesto que si se recibe una información de importancia para el estudio del terreno por parte de algún elemento, se puede incorporar como una capa añadida a la información ya disponible y distribuirla (individualmente esa capa o con el conjunto completo) a los elementos a los que afecte esa variación del estudio del terreno.

Esta flexibilidad nos permite crear una cartografía a medida, componiendo archivos que mezclen mapas o modelos de terreno con menor precisión en zonas donde no es necesario, con zonas de máxima precisión en zonas de necesidad. Como ejemplo de esto, Carta Digital permite componer un MDT con una precisión a 5 metros en la zona donde nos vamos a mover y, a su vez, un modelo con precisión a 2 metros en la zona de objetivos para mejorar la precisión en el cálculo.

### **2.3. Integración de Carta Digital con el Sistema de Mando y Control (C2) de la Artillería de campaña: el sistema TALOS.**

El sistema TALOS es un sistema C2 en tiempo real para la coordinación, planeamiento y conducción de los fuegos de las unidades de Artillería de Campaña. Este sistema tiene dos versiones, táctica y técnica, con funcionalidades diferentes.

El software TALOS táctico permite un intercambio de datos permanente entre los distintos elementos de la operación lo que facilita el mando y control y actualiza la situación de los elementos sobre un interfaz gráfico lo que permite un mayor control sobre la maniobra (Benito, 2015).

Por su parte, TALOS técnico permite también la transmisión de datos, pero se centra en el cálculo balístico y la ejecución de acciones de fuego a los elementos de fuego, lo que

le hace una herramienta de gran importancia para la ejecución del tiro en Artillería de Campaña(Benito, 2015).

Dado que el sistema TALOS trabaja sobre información geográfica, su rendimiento mejorará si le proporcionamos una información geográfica adecuada a sus necesidades. A este respecto, como hemos visto en el apartado 2.2., Carta Digital nos permite crear esa cartografía específica para TALOS según el momento de la operación, siendo esto posible incluso sobre el terreno cuando se está desarrollando esa operación.

Para que las capas vectoriales y ráster (o matriciales)trabajadas en Carta Digital puedan ser usada en TALOS se deben seguir los siguientes pasos:

- Creación de una carpeta en la ruta “C:\Mapas”para introducir las capas de información.
- Introducir los conjuntos de cartografía (entendidos éstos como la estructura de Carta Digital que permite la agrupación de varias fuentes de datos cartográficos - capas vectoriales y ráster- en un solo archivo. Este archivo tiene un tipo de extensión propio -.INI-)que se desea que TALOS pueda representar.
- Creación de un archivo 'cartog.ini' y configuración acorde a la cartografía introducida en la carpeta 'Mapas' como se muestra en el ANEXO D.

Para la creación de esa cartografía que se introduce en la carpeta “Mapas” se deben seguir los siguientes pasos:

- Si los archivos ráster, a excepción de los MDT, están en un formato diferente a FRE, transformarlo a este. Asimismo comprobar que es un sistema de coordenadas compatible con SIGMIL 3.9.
- Si se dispone de la cartografía de formato FRE en vario archivos diferentes, componerlo para obtener un único archivo. Recortarlo en caso de no desear representar todo el terreno disponible en el archivo.
- Si se dispone de un MDT, en formato GEO, en varios archivos diferentes, componerlo para obtener un único archivo. Recortarlo en caso de no desear representar todo el terreno disponible en el archivo. Además es necesario comprobar que es un sistema de coordenadas compatible con SIGMIL 3.9.
- Introducir estos archivos en la carpeta creada en la ruta “C:\Mapas” creada anteriormente.
- Añadir al conjunto cartográfico creado anteriormente los archivos FRE y GEO descritos en este apartado.

Durante la realización de las PTEX se detectó que uno de los principales problemas para la conexión entre Carta Digital y TALOS es que cada una de estas herramientas utiliza una librería de SIGMIL diferente. Las librerías de SIGMIL son conjuntos de funcionalidades SIG desarrolladas por el CEGET que se agrupan de manera diferente según el tipo de aplicación para el que están pensadas. Así, Carta Digital tiene una librería SIGMIL con unos determinados componentes, mientras que TALOS o SIMACET (Sistema de mando y control del Ejército de Tierra) tienen otros.



En el caso concreto que nos ocupa, la librería SIGMIL que sustenta el funcionamiento de Carta Digital 6.0 es la versión 5.9, mientras que la que tiene el sistema TALOS disponible en el GACA XII, la más reciente, es la versión 3.9. Para que los conjuntos cartográficos generados en Carta Digital 6.0 sean utilizables por el sistema TALOS es necesario cambiar la estructura del conjunto cartográfico .ini de la forma que se detalla en el ANEXO E.

El cambio de estructura “ad hoc” en los archivos .ini recogido en el ANEXO E permite que al iniciar TALOS toda la cartografía generada en Carta Digital esté disponible, siendo completa su funcionalidad. Cabe señalar la importancia de este aporte desarrollado durante la realización de las PEXT, dado que si no no sería posible la interrelación efectiva entre Carta Digital y TALOS.

A continuación se recoge un caso práctico desarrollado durante la realización de las PEXT en el que se muestra la integración efectiva entre Carta Digital y el TALOS.

### **2.3.1. Ejemplo de integración efectiva entre Carta Digital y TALOS: la Operación TAURO.**

En esta operación (ficticia) nos encontramos con un enemigo irregular que se encuentra en una zona urbanizada (Base 'El Goloso'), con fusiles AK-47 y vehículos pick up como únicos medios disponibles. Este enemigo intentará realizar hostigamientos al despliegue del Grupo de Artillería de Campaña infiltrándose rápidamente mediante el uso de los vehículos pick up. Se plantea también que en caso de verse superado intentará huir con los mismos medios.

El despliegue propio se compone de dos baterías ATP, una batería *Light Gun*, una sección de topografía y el FDC de grupo.

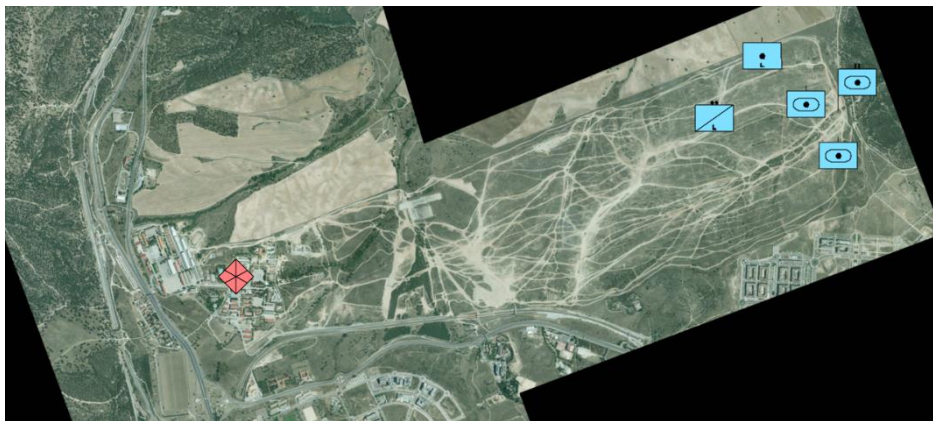
En el análisis que se realizará sobre el terreno, el primer paso es seleccionarla porción de terreno que se estudiará. Este proceso es de gran importancia para la delimitación de la información geográfica a tratar y acelerar los procesos de análisis del terreno. Así mismo permite que un ordenador con limitaciones pueda gestionar el archivo de gran resolución que interesa introducir.

En el caso de la Operación TAURO, se selecciona la zona que ocupa el eje de progresión del GACA hasta la posición enemiga y las probables zonas de huida de estos en caso de verse superados. Por ello como se puede observar en la Figura 12, se recorta una ortofoto de alta calidad, un mapa ráster escala 1:25000 y un MDT con información, no solo sobre altitud del terreno, sino también con la información de la altura de edificaciones y de la vegetación, con precisión a 5 metros con la finalidad de obtener la mayor precisión posible en la zona de estudio.



**Figura 12. Archivos recortados para la Operación Tauro. Fuente: elaboración propia.**

A continuación se representa, mediante la herramienta APP-6A de Carta Digital, el despliegue de las unidades propias y enemigas como se muestra en la Figura 13.

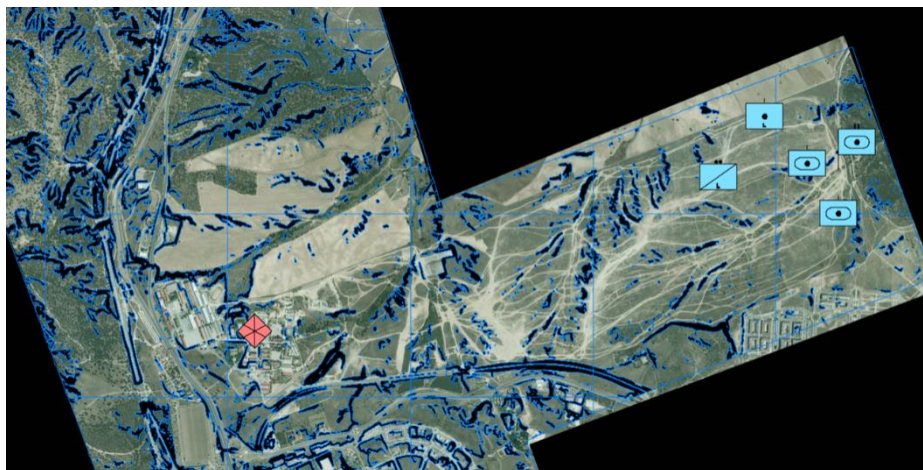


**Figura 13. Despliegue de la Operación Tauro. Fuente: elaboración propia.**

A continuación se estudian las posibles zonas en las que el enemigo podría hostigar a las fuerzas propias. Para ello se estudian las limitaciones que el terreno impone sobre su material.

Se conoce que la principal limitación que tendrá el enemigo es la pendiente máxima que puede superar el vehículo pick up. Esta se establece en una pendiente de un 25%, por tanto se podrán obtener unas zonas por las que el enemigo no podrá transitar.

Para la representación de estas zonas se comienza por la generación de una capa de pendientes a partir del modelo digital de elevaciones cargado. Posteriormente con la herramienta clasificación se obtienen diferenciadas las pendientes mayores y menores al 25%. Por último se transforma esa clasificación matricial a un elemento vectorial, con la finalidad de representar únicamente las zonas de mayor pendiente al 25%. El resultado que se muestra en la Figura 14: representa las zonas a las que el enemigo no puede acceder sobre la ortofoto del terreno.



**Figura 14. Zonas inaccesibles por un vehículo pick up. Fuente: elaboración propia.**

Del estudio de estas zonas que restringen el movimiento del enemigo para sus hostigamientos se pueden obtener tres ejes de ataque (Dirección de ataque enemigo), (Mando de Adiestramiento y Doctrina, 2007) que se representan en la Figura 15. Con ello se plantea para la defensa inmediata una patrulla por el eje más probable de ataque enemigo que se creará con carta Digital y se exportará como archivo GPX y se transmitirá a esa patrulla.

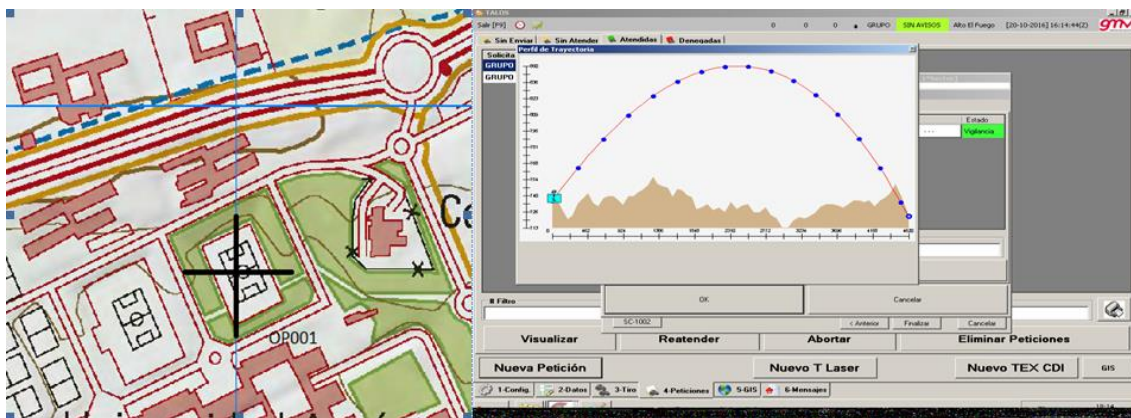


**Figura 15. Dirección de ataque enemigo. Fuente: elaboración propia.**

De la misma manera se pueden planificar y representar las líneas de acción propias, representando los saltos a realizar y la posición de todos los elementos del despliegue.

A continuación, para el desarrollo de la conducción de la operación TAURO, se integran la ortofoto, el mapa ráster y el modelo digital de elevaciones según lo explicado en el apartado 2.3 (Integración con el sistema TALOS) y en los anexos que en ese apartado se nombran.

Gracias a la precisión del MDT, que como se ha indicado, además de la altitud del terreno también tiene la de las edificaciones, se consigue evitar durante la conducción que un fuego planeado sobre un campo de fútbol impacte sobre un edificio debido al ángulo de tiro seleccionado (Figura 16).



**Figura16.**Acción de fuego en TALOS. Fuente: elaboración propia.

### 2.3.2. Riesgos para la implementación efectiva de Carta Digital y TALOS

El mayor riesgo para la completa implementación de Carta Digital con TALOS es debido, como se ha apuntado con anterioridad, a la utilización de diferentes versiones de SIGMIL por parte de ambos programas. Carta Digital 6.0 tiene versión SIGMIL 5.9, mientras que TALOS, en su versión más actualizada, utiliza la versión 3.9 de SIGMIL.

Este problema hace que ambos programas no pueden ser instalados en el mismo ordenador, por lo que se hace difícil utilizarlos en simultáneo cuando se está efectuando una operación sobre el terreno.

Para la solución de este problema se plantean las siguientes alternativas por orden de preferencia:

- Actualización de TALOS a la versión actual de SIGMIL.
- Conseguir que se puedan instalar varias versiones del software SIGMIL en el mismo ordenador. Una opción para la conseguir esto sería que su instalación se produjese en diferentes rutas y que cada programa fuese a buscar su respectiva ruta.
- Programar una versión de Carta Digital que utilice las herramientas de las versiones actuales pero utilizando la versión de SIGMIL anterior que utiliza TALOS.
- Utilizar para su empleo en la Artillería de Campaña una versión más antigua de Carta Digital, concretamente anterior a la 5.7, dado que éstas utilizan la misma versión de SIGMIL que TALOS.
- Dotar a las unidades de material para poder tener dos ordenadores de forma que uno de ellos disponga de la versión de Carta Digital más actualizada y el otro dispusiese de TALOS, trabajándose con ambos ordenadores en simultáneo en los puestos de mando.

Este problema y las posibles soluciones técnicas citadas van a ser trasladadas al CEGET para que, como unidad responsable del desarrollo de SIGMIL, implemente la respuesta que crea más viable.

Por otro lado, otro riesgo asociado puede venir de la mano de la red de transmisión de datos si ésta es incapaz de transmitir archivos con un peso elevado. Para solucionar este contratiempo, a expensas de mejorar el ancho de banda de la red de transmisión, la solución es crear la cartografía *ad hoc* de tal manera que pese lo menos posible, siempre que se cumplan los requisitos mínimos de precisión y variedad exigidos por los elementos implicados. Aun así, otra solución es adecuar desde el primer momento la información geográfica a las contingencias que pudieran surgir durante la operación, cargando los archivos de mayor peso antes de comenzar la conducción.

Por último, existe un riesgo asociado a una posible desaparición del sistema TALOS en favor de otro sistema de mando y control. Esta circunstancia podría suponer un impulso al empleo de Carta Digital en la Artillería de campaña siempre que ese nuevo sistema tuviera la versión más actualizada de SIGMIL. Sin embargo, también se puede dar la situación contraria: que el nuevo sistema de mando y control no permitiera introducir cartografía producida con Carta Digital, con lo que la utilidad mostrada por este programa en este trabajo para el planeamiento y la conducción en una operación de la Artillería de campaña se difuminaría.

#### **2.4. Medidas para facilitar el uso de Carta Digital en los Grupos de Artillería de campaña.**

Del estudio de la situación actual mediante la experiencia personal y una serie de entrevistas realizadas (ANEXO:C), se puede concluir que la razón principal que impide una eficiente implantación de Carta Digital en el planeamiento y conducción de la Artillería de Campaña es el desconocimiento a la hora de utilizar la herramienta.

Carta Digital es una herramienta poco intuitiva en su utilización para alguien que no tiene previamente conocimientos medios de SIG y, actualmente, la única orientación para su uso se encuentra en la extensión de ayuda de la propia herramienta y una serie de videos informativos que se encuentran en la Intranet del Ministerio de Defensa, en el apartado de “Ayudas a la decisión”.

Las dos maneras principales para la formación como usuario de Carta Digital podrían ser la creación de un manual de usuario o un curso de formación. Sin embargo la importancia de la práctica en la formación con este software hacen del manual de usuario una opción, aunque deseable, menos prioritaria que el curso de formación. Por ello este trabajo se analiza la creación de unas directrices para la realización de un curso de formación a nivel usuario de Carta Digital.

Para la creación de estas directrices, se ha tenido en cuenta la programación hecha en la asignatura “Información Geográfica Digital y Teledetección” cursada durante el tercer curso del Grado en Ingeniería de Organización Industrial, perfil de defensa, impartido en el Centro Universitario de la Defensa (CUD) de Zaragoza en el curso académico 2014-15. Así, el curso diseñado trabaja de forma intensiva la parte práctica del software, que son las herramientas de análisis, pero sin pasar por alto un conocimiento general sobre lo que son los SIG y sus fundamentos y el tipo de archivos con los que trabaja.



Así, en el curso diseñado para los grupos de Artillería de campaña, se impartirían las siguientes sesiones teóricas de una duración que varía entre los 30-45 minutos:

- Introducción a los sistemas SIG.
- Modelo de datos vectorial.
- Modelo de datos ráster.
- Georreferenciación de archivos ráster.
- Herramientas de análisis vectorial.
- Herramientas de análisis matricial.
- Conversores.
- Composición de cartografía.
- Cartografía mediante servicios web.

Estas sesiones teóricas se acompañarían de una sesión práctica de 45 minutos por cada sesión, a excepción de las sesiones "Herramientas de análisis vectorial" y "Herramientas de análisis matricial" cuyo peso en el curso es mayor. Estas dos sesiones tendrían una duración de 1 hora y 30 minutos tras la finalización de su correspondiente sesión teórica y, además, otra sesión conjunta de 2 horas y 30 minutos al finalizar el curso con la finalidad de reforzar esta parte práctica.

Por último, al objeto de comprobar la aptitud tras la realización del curso, se realizaría una prueba de evaluación. Esta evaluación sería de carácter práctico y principalmente orientado a la obtención de productos mediante las herramientas de análisis tanto vectoriales como matriciales y la composición de cartografía utilizando correctamente la información derivada de estas funciones de análisis.

La Tabla 2 muestra el esquema del curso planteado, siendo el total de la duración de 20 horas distribuidas a lo largo de una semana.

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
<b>9:00</b>	Introducción a los SIG	Herramientas de análisis vectorial	Conversores	Cartografía mediante servicios web	Evaluación
<b>9:45</b>	Practica 1	Practica 4	Práctica 8	Práctica 10	Evaluación
<b>10:30</b>	Modelo de datos vectorial	Práctica5	Georrefenciación de archivos ráster	<b>Descanso</b>	Evaluación
<b>11:00</b>	<b>Descanso</b>	<b>Descanso</b>	<b>Descanso</b>	Práctica repaso	
<b>11:45</b>	Práctica 2	Herramientas de análisis matricial	Práctica 9	Practica repaso	
<b>12:30</b>	Modelo de datos ráster	Práctica 6	Composición de cartografía	Practica repaso	
<b>13:15</b>	Práctica 3	Práctica 7	Práctica 10	Práctica repaso	

**Tabla 1. Estructura del curso de Carta Digital diseñado para los Grupos de Artillería de campaña.**

**Fuente: elaboración propia.**

### **3. CONCLUSIONES.**

#### **3.1. Conclusiones del trabajo.**

Los resultados obtenidos en este trabajo permiten extraer las siguientes conclusiones:

- Respecto a las necesidades geográficas de las unidades Artillería de Campaña hasta nivel de Grupo y procedimientos tradicionales empleados para su obtención:
  - Las necesidades de información geográfica en la Artillería de Campaña son muy variadas dependiendo del puesto táctico que se ocupe, siendo también diferente la calidad requerida en la misma en términos de sencillez de interpretación y utilización, precisión espacial y temática y variedad de la información representada.
  - El método habitual de obtención de esta información geográfica es el trabajo sobre el mapa topográfico. Este método de trabajo es costoso en el tiempo, con lo que la obtención de los productos derivados de éste (como un mapa de pendientes, de distancia a infraestructuras o de visibilidad) puede poner en riesgo la consecución de los objetivos durante una operación. Además, el mapa topográfico es una fuente de información incompleta para determinar determinadas informaciones geográficas de primera magnitud en la conducción de una operación como son la vegetación, la litología y cualquier información meteorológica.
- Respecto a las capacidades de análisis de Carta Digital para la toma de decisiones en el planeamiento y la conducción de las operaciones:
  - El software Carta Digital permite el manejo rápido y eficiente de capas de información geográfica (vectoriales y ráster) que recogen todos los elementos geográficos necesarios para la descripción de un territorio
  - El conjunto de herramientas de análisis de Carta Digital (vectoriales y matriciales) permite obtener información de diversas facetas del planeamiento y la conducción con una precisión y una rapidez mucho mayores a los métodos tradicionales
  - Carta Digital permite la creación de cartografía “ad hoc”, factor determinante para la agilidad de respuesta y la seguridad de la información en una unidad.
- Respecto a Integración de Carta Digital con el Sistema de Mando y Control (C2) de la Artillería de campaña, el sistema TALOS:
  - Existe una dificultad en la integración de los productos debido al desfase existente entre las versiones utilizadas de la biblioteca SIGMIL, lo que hace que la integración no sea directa. Sin embargo en este trabajo se ha conseguido mediante la aplicación del ANEXO E. No existe constancia de ningún documento oficial que hubiera reportado previamente esta solución.

- El potencial de esta integración se ha mostrado en el desarrollo de la operación TAURO (ficticia) con la utilización de productos de una Carta Digital actualizada y la versión más actual de TALOS

- Respecto a las medidas para facilitar el uso de Carta Digital en los Grupos de Artillería de campaña:

- Se ha constatado que el principal problema para el uso de Carta Digital en el seno de las unidades de artillería de campaña es el desconocimiento a la hora de utilizar la herramienta.
- Se han establecido las directrices de un curso específico para combatir este desconocimiento en el que, sin olvidar los aspectos teóricos esenciales, se resalta la importancia de la parte más práctica de este SIG.

### **3.2. Líneas de trabajo futuras**

Tras la exposición de las conclusiones, se proponen unas líneas de trabajo futuras para llevar a cabo la implementación de algunas de las cuestiones abordadas en este trabajo:

- Elaborar unas directrices para la aplicación de las herramientas desarrolladas en un planeamiento tipo.
- Aplicar alguna de las medidas propuestas en este trabajo para solucionar la incompatibilidad de las versiones de SIGMIL entre Carta Digital y TALOS en un mismo ordenador.
- Crear los contenidos del curso de formación formulado en el apartado 2.4a partir de las directrices establecidas.



## Bibliografía

**Benito Erica** Manual de usuario: TALOS Táctico [Libro]. - Madrid : [s.n.], 2015.

**Benito Erica** Manual de usuario: TALOS Técnico [Libro]. - Madrid : [s.n.], 2015.

**Estado Mayor del Ejército** Batería de Artillería de Campaña. RE-306 [Libro]. - 1996.

**Estado Mayor del Ejército** Observador de Artillería de Campaña. RE5-307 [Libro]. - 1997.

**García Martín Alberto y Lamelas Teresa** Apuntes de la asignatura. Información Geográfica y Teledetección Curso 2014-2015. [Libro]. - Zaragoza : Centro Universitario de la Defensa, 2015.

**GB. D. Alfredo Sanz y Calabria** Libro Blanco de la Artillería 2025 [Libro]. - Segovia : [s.n.], 2015.

**Felícísimo, A.M. (1995)**: Modelos Digitales del Terreno. Introducción y Aplicaciones en Ciencias Mediambientales. En Mando de Adiestramiento y Doctrina (2012): Fundamentos de Información Geográfica Digital. Ministerio de Defensa (EGE-VA-003)

**Instituto Geográfico Nacional** [En línea]. - 3 de Octubre de 2016. - <http://ign.es/ign/layoutIn/actividadesSistemaInfoGeografica.do>.

**Mando de Adiestramiento y Doctrina** Datos para el desarrollo y la confrontación de líneas de acción. OR5-014 [Libro]. - 2007.

**Mando de Adiestramiento y Doctrina** Empleo táctico del Grupo de Artillería de información y localización. PD4-301 [Libro].

**Mando de Adiestramiento y Doctrina** Fuegos [Libro]. - Granada : [s.n.], 2013.

**Mando de Adiestramiento y Doctrina** Grupo de Artillería de Campaña. OR4-307 [Libro]. - 1997.

**Mando de Adiestramiento y Doctrina**INTE. Integración Terreno Enemigo y otros factores. OR7-018 [Libro]. - 2016

**Mando de Adiestramiento y Doctrina** Maniobra [Libro]. - 2013.

**Mando de Adiestramiento y Doctrina** Movimiento de las unidades, marchas y transportes OR7-012 [Libro]. - 1998.

**Mando de Adiestramiento y Doctrina** Procedimientos operativos. Topografía artillera OR5-309 [Libro]. - 2007.

**Olaya V** Sistemas de Información Geográfica [Libro]. - [s.l.] : Distribuido bajo licencia de Creative Commons Atribución. Disponible en <http://volaya.github.io/libro-sig/>, 2014.

## ANEXO A: Diapasón de pendientes.

El diapasón de pendientes se realiza conociendo dos datos del plano, la distancia entre las curvas a estudiar y la escala del mapa, que nos dará la equidistancia. Esta equidistancia se corresponde con la diferencia de altura entre dos curvas de nivel, que para una escala determinada es siempre la misma.

Conocida la distancia en el plano, la escala y la equidistancia podemos calcular la pendiente en porcentaje de la siguiente manera: 
$$\frac{\text{Equidistancia (m)}}{\text{Distanciaplano(m)} \times \text{Escala}} \times 100.$$

En el estudio que nos ocupa conoceremos también unos límites de pendiente que clasificarán el terreno en las tres categorías explicadas en la memoria. Por ello para facilitar el proceso de estudiar una a una las curvas de nivel en el mapa se crea una plantilla en la que se transforma una pendiente en la separación entre curvas de nivel para una determinada escala de plano, como el que se muestra en la Figura 18. Con ello no sabremos la pendiente exacta en cada punto del plano pero quedará clasificado según las capacidades de los medios empleados.

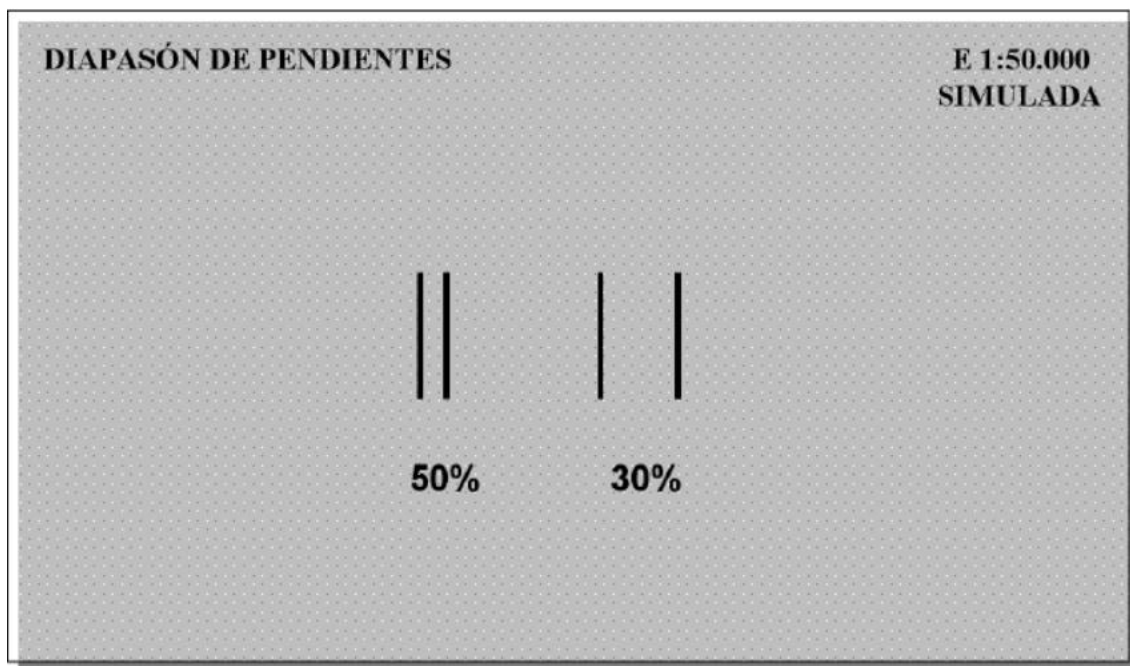




Figura 17. Diapasón de pendientes. Fuente: Mando de Adiestramiento y Doctrina publicación OR7-018.

## ANEXO B: SOC.



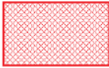
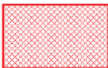
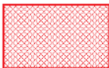


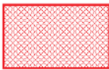



A modo de ejemplo se presenta el método de realización del superponible SOC sin la utilización de un sistema SIG.

En primer lugar se clasifica el terreno en Zona de Movimiento Muy Restringido (MMR), Zona de Movimiento Con Restricciones (MCR) o Zona de Movimiento Sin Restricciones (MSR) atendiendo a cada una de las características estudiadas del terreno, como se muestra en la Figura 16.

Dificultad	MMR. o NO-GO	MCR. o SLOW-GO	MSR. o GO
Representación			
Pendientes	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Superiores al 50%.</li> <li>• Cortaduras/bancales superiores a 1 m.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Entre el 50 y el 30%.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inferiores al 30%.</li> </ul>
Drenaje	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ríos ancho mayor de 40 m.</li> <li>• Márgenes verticales superiores a 1 m.</li> <li>• Corrientes superiores a 1,5 m/s.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ríos con ancho entre 40 y 18 m.</li> </ul>	
Suelos (OR5-406)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• D: Limosos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• C: Arcilloso orgánico.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• B: Arcillas inorgánicas.</li> </ul>
Vegetación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bosques.</li> </ul>		
Obras	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zonas edificadas de más de 500 m de diámetro.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zonas edificadas menos de 500 m de diámetro.</li> <li>• Vías de comunicación con anchura superior a 5 m o con desmontes.</li> </ul>	

**Figura 18. Clasificación SOC. Fuente: Mando de Adiestramiento y Doctrina publicación OR7-018.**

A continuación y con el objetivo de obtener un único superponible se irán agrupando dos a dos en la que el resultado de capacidad de movilidad en las zonas vendrá determinado por el criterio expresado en la Figura 19.

Áreas solapadas	Resultado
 + 	
 + 	
 + 	
 + 	

**Figura 19. Criterio solape de áreas. Fuente: Mando de Adiestramiento y Doctrina publicación OR7-018.**

Asimismo, el SOC no es un resultado único y definitivo ya que depende de varios factores:

- El SOC. será diferente dependiendo de la unidad que se esté estudiando. No serán las mismas capacidades las de una unidad acorazada, una unidad mecanizada o una unidad ligera.

- Este superponible puede ser modificando atendiendo a la meteorología, que puede hacer impracticables ciertas zonas del terreno.

- Debe tenerse en cuenta que la clasificación del terreno no es absoluta, un terreno calificado como impracticable podría ser utilizado por el enemigo.

## **ANEXO C : Entrevistas**

Con el fin de estudiar la situación previa al desarrollo del trabajo del personal de una unidad de Artillería de Campaña se va proceder a realizar la siguiente entrevista. Se compone de una serie de preguntas tipo test y abiertas, cuyos resultados se agruparán para el estudio de los resultados.

Las preguntas son las siguientes:

1. Califique su conocimiento actual acerca de Carta Digital del 1 al 5, siendo el 1 desconocimiento total y 5 un conocimiento pleno de la herramienta.
2. ¿Le parecen suficientes las ayudas actuales para el uso de Carta Digital?.
3. ¿Qué herramienta de aprendizaje necesitaría para obtener el nivel deseado de Carta Digital?.
4. ¿Valoraría positivamente un curso sobre Carta Digital?.
5. ¿Cuál es su puesto táctico en el Grupo de Artillería?.
6. Califique por orden de importancia para usted las siguientes características de la información geográfica que debe necesita: (i) sencillez de interpretación y utilización; (ii) precisión espacial y temática; y (iii) variedad de la información representada.

La encuesta se realizó a 25 personas del grupo distribuidas equitativamente entre mandos y tropa del Grupo. Se obtuvieron los siguientes resultados:

1. La media obtenida de los encuestados es de un 2,2. Lo que indica un conocimiento bajo a cerca de Carta Digital.
2. En esta pregunta se obtuvo un 80% de respuestas negativas sobre la suficiencia de las ayudas actuales para el uso de Carta Digital.
3. El 60% de los encuestados propuso un curso como la mejor opción para el aprendizaje, el 30% de los encuestados utilizaría un manual para el aprendizaje, por último el 10% restante respondió que podría aprender de manera autodidacta.
4. Todos los encuestados valorarían positivamente un curso de Carta Digital.
5. Esta pregunta tiene la función de clasificar por grupos de trabajo los resultados de las siguientes preguntas.
6. El resultado de este punto se muestra en los gráficos insertados a lo largo del apartado 2.1 de la memoria.

## ANEXO D: Archivo Cartog.ini

Este archivo es necesario para la lectura de la cartografía por parte de TALOS. Los conjuntos cartográficos que se encuentren en la carpeta 'C:\Mapas' se podrán representar en TALOS solo si se encuentran referenciados en este archivo Cartog.ini.

El archivo puede ser creado desde un bloc de notas siguiendo la estructura que se detalla a continuación. Aún así si se dispone de la carpeta de instalación este archivo se encuentra en la ruta 'Cartografia/PC', este archivo debe ser editado mediante bloc de notas para la adaptación a la cartografía disponible.

La Figura 19 detalla la estructura de este archivo Cartog.ini

```
[Index]
Version=1.0
DiskLabel=Cartografía de España
NumSets=9
Set1=\NorteMadrid\NorteMadrid.ini
Set2=\SanGregorio\SanGregorio.ini
Set3=\Canarias\Canarias.ini
Set4=\muriano\Cerro Muriano.ini
Set5=\teleno\Teleno.ini
Set6=\Peninsula\Peninsula.ini
Set7=\RENEDO\RENEDO.ini
Set8=\CHINCHILLA\CHINCHILLA.ini
Set9=\Monterey\Monterey.ini
```

Figura 20. Estructura cartog.ini. Fuente: Manual Usuario TALOS táctico.

- Version y Disklabel: indica la versión y una breve descripción
- NumSets: indica el número total de mapas que se van a cargar en la aplicación
- Set1: indica la ruta dentro de la carpeta 'Mapas' en la que se encuentra el archivo de inicio del conjunto cartográfico en cuestión.

El número de rutas Set debe ser igual que el número establecido en NumSets.

El archivo debe ser guardado en la ruta 'C:\'.

## ANEXO E: Estructura de un conjunto cartográfico.

A causa del desfase entre las versiones de SIGMIL utilizadas por ambas aplicaciones, la integración de un sistema cartográfico de Carta Digital en TALOS no es directo.

Primeramente deben guardarse las capas en un sistema de coordenadas existente en el antiguo SIGMIL, en el caso de los archivos que se tienen en ETRS89 se trasforman a WGS84 cuya diferencia es prácticamente nula.

Posteriormente debemos modificar manualmente el archivo iniciador del conjunto cartográfico para configurarlo como aparece en la Figura: Estructura conjunto cartográfico, del utilizado para la puesta en práctica del proyecto.

```
[Index]
Version=1.0
Name=TAURO
DefaultCoordX=3°43'28"W
DefaultCoordY=40°34'52"N

NumRaster=2
DefaultRaster=1

NumMDT=1
DefaultMDT=1

NumSystem=5

NumNavigator=1
DefaultNavigator=1

[Raster1]
Name=Ortofoto
Path=Corte_Ortofoto_PNOA.fre

[Raster2]
Name=Raster
Path=Corte_Raster_1x25.fre

[MDT1]
Name=MDT
Path=Corte_MDT_LIDAR05.geo

[Navigator1]
Name=Navegador
Path=navegadormadrid.fre

[System1]
name=30N_ETRS89
system=1
ellipsoid=65535
datum=226
units=0
lambda=-3

Name=Navegador
Path=navegadormadrid.fre

[System1]
name=30N_ETRS89
system=1
ellipsoid=65535
datum=226
units=0
lambda=-3

[System2]
name=ED50
system=1
ellipsoid=65535
datum=67
units=0
lambda=-3

[System3]
name=GEO_WGS84
system=5
ellipsoid=65535
datum=218
units=7

[System4]
name=UTM30N_ED50
system=1
ellipsoid=65535
datum=64
units=0
lambda=-3

[System5]
name=UTM30N_WGS84
system=1
ellipsoid=65535
datum=218
units=0
lambda=-3
```

Figura 21. Estructura conjunto cartográfico. Fuente: elaboración propia.

En el índice de la Figura 21 se debe modificar:

- Name: Nombre del paquete SIG que aparecerá en TALOS.
- DefaultCoordX/DefaultCoordY: Coordenadas donde se iniciará el visor, deben estar dentro del rango de los archivos a cargar.
- NumRaster: Número total de archivos ráster a cargar.
- DefaultRaster: Archivo ráster que aparecerá cargado en TALOS por defecto.
- NumMDT: Número total de archivos MDT a cargar.
- DefaultMDT: Archivo MDT que aparecerá cargado en TALOS por defecto.
- NumSystem: Número total de sistemas de coordenadas a cargar.
- NumNavigator: Número total de archivos para el navegador a cargar.
- DefaultNavigator: Archivo que se utilizará por defecto en el navegador.

A continuación se introducirán los archivos que se desean cargar de la siguiente manera:

[Tipo de archivo Número en la lista] :Raster, MDT o Navigator y el número que ocupa en la lista dentro de los archivos del mismo tipo.

Path: Ruta desde el archivo de inicio del conjunto cartográfico.